

DOI: 10.3724/SP.J1118.2011.00185

东海中北部小眼绿鳍鱼的食物组成及摄食习性的体长变化

李振华, 徐开达, 蒋日进, 周永东, 潘国良

浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100

摘要: 应用聚类分析和单因素方差分析等方法, 对 2008 年 5 月至 2009 年 2 月东海中北部小眼绿鳍鱼 (*Chelidonichthys spinosus*) 的食物组成及摄食习性的体长变化进行了研究。结果表明, 小眼绿鳍鱼摄食的饵料种类有 93 种, 优势饵料种类有太平洋磷虾 (*Euphausia pacifica*)、细巧仿对虾 (*Parapenaeopsis tenella*)、脊腹褐虾 (*Crangon affinis*) 和六丝矛尾虾虎鱼 (*Chaeturichthys hexanema*)。摄食强度有明显的体长变化, 同时主要饵料类群组成也有明显的体长差异, 鱼类饵料的质量百分比随着体长的增大而增大, 尤其当体长大于 200 mm 后, 鱼类成为最重要的饵料类群, 而糠虾类的比例则减少。另外, 平均单个饵料的质量则随着体长的增大而增大, 这符合“最佳摄食理论”。聚类分析的结果表明, 小眼绿鳍鱼在体长达到 100 mm 时, 摄食范围由狭食性逐步向广食性转变。可以认为小眼绿鳍鱼食性的转变与其体长密切相关[中国水产科学, 2011, 18(1): 185-193]

关键词: 小眼绿鳍鱼; 东海中北部; 摄食强度; 食物组成; 体长

中图分类号: S931.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)01-0185-09

小眼绿鳍鱼 (*Chelidonichthys spinosus*) 为暖温性近海泥沙质海底的底层性鱼类, 在中国分布于渤海、黄海、东海和南海^[1]。国内学者对小眼绿鳍鱼的相关研究文献很少^[1-2]。有关小眼绿鳍鱼的食性研究还未见报道, 鱼类的摄食不仅可以使个体获得能量以维持自身的生存、生长和繁殖, 同时还能够对鱼类群体的行动规律、食物关系、饵料环境以至种群的数量变动产生影响^[3]。因此, 对鱼类食性的研究是鱼类生物学及生态学领域的一项重要研究内容。对鱼类的食物组成和摄食随体长变化的研究则是鱼类食性研究中不可缺少的重要组成部分。本研究根据 2008 年 5 月至 2009 年 2 月东海中北部调查的渔获样品, 对小眼绿鳍鱼摄食状况进行了分析, 旨在为深入了解小眼绿鳍鱼的摄食习性及其变化情况提供一定的基础资料, 并为今后研究小眼绿鳍鱼的生物学动态特征

及东海食物网现状等提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品收集

本研究所收集的样品取自 2008 年 5 月(春)、8 月(夏)、11 月(秋)和 2009 年 2 月(冬)进行的“东海区主要渔场重要渔业资源的调查与评估”课题的定点底拖网调查的渔获物, 取样海域主要在东海中部和北部的舟山渔场、舟外渔场、江外渔场及鱼山渔场等。每一网样品都全部留取, 共收集小眼绿鳍鱼样品 382 尾, 体长范围为 39~427 mm, 其中 64 尾是空胃, 空胃率为 16.75%。在研究摄食的体长变化时, 以 50 mm 为间隔, 将小眼绿鳍鱼划分为 5 个体长组: 100 mm, 51(2)尾; 101~150 mm, 88(15)尾; 151~200 mm, 86(19)尾; 201~250 mm, 78(14)尾; >250 mm, 79(14)尾(括号内数字表示各体长组空胃的尾数)。

收稿日期: 2010-01-18; 修订日期: 2010-03-21.

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD43B01); 浙江省科技厅项目(2008F1008); 浙江省科技厅公共服务项目(2010F30001).

作者简介: 李振华(1984-), 男, 助理工程师. 主要从事海洋浮游生物生态研究. E-mail: lzhsy0759@126.com

通讯作者: 周永东, 高级工程师, 研究方向为渔业资源与生态. E-mail: zyd511@126.com

1.2 胃含物分析

胃含物分析在实验室进行。分析胃含物时先吸水,且尽可能地吸干。然后用电子秤(精确度 0.001 g)称重,对于个体较大且消化程度较低的胃含物直接根据形态特征加以鉴别,对消化较为充分的胃含物则通过如耳石、眼珠、残肢等一些难以消化的残留物进行分析鉴定,食物对象尽可能鉴定到种。有反刍现象的样品不用于胃含物分析。

1.3 数据分析

用于评价饵料重要性的指标有饵料的质量百分比、个数百分比、出现频率^[4]和相对重要性指标(IRI)。摄食强度用空胃率和饱满指数^[5]来表示,其计算公式如下:

$$\text{质量百分比}(W, \%) = \frac{\text{某饵料生物的实际质量}}{\text{胃含物总质量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N, \%) = \frac{\text{某饵料生物的个数}}{\text{胃含物饵料生物总个数}} \times 100$$

$$\text{出现频率}(F, \%) = \frac{\text{某饵料生物出现的次数}}{\text{有食物的胃的个数}} \times 100$$

各食物成分的重要性用相对重要性指标(IRI)来衡量:

$$\text{IRI} = (N+W)F \times 10^4$$

$$\text{空胃率}(\%) = \frac{\text{空胃数}}{\text{总胃数}} \times 100$$

$$\text{饱满指数}(\%) = \frac{\text{食物团实际质量}}{\text{鱼体体质量}} \times 1000$$

为了研究小眼绿鳍鱼各个体长组饵料组成的相似性,本研究应用基于SPSS 11.5 统计分析软件的聚类分析方法,其中指标间距离采用欧氏距离(Euclidean distance),系统聚类方法采用最远邻法(furthest neighbor)^[6-8]。饵料的分类阶元会对计算结果产生影响^[9],在进行聚类分析时采用的分类阶元是“种”和“属”。此外,不可辨认的饵料也会使分析结果产生误差^[10],因此在分析前先将它们除去。相对重要性指标(IRI)是评价鱼类某种饵料重要性的一个较好的综合指标,既考虑到饵料生物的量,也考虑到饵料生物的数量以及该饵料生物的出现频率,因此用IRI值进行聚类分析。

用列联表检验空胃率的变化,用单因素方差分析研究平均饱满指数的变化。在作方差分析前

先将数据进行对数变换,经Bartlett检验变换后的数据是否满足方差齐性要求^[11]。

2 结果与分析

2.1 食物组成

胃含物分析结果表明(表 1),小眼绿鳍鱼的饵料种类数有 93 种(包含无法鉴定到种的饵料),其中长尾类 28 种,鱼类 21 种,短尾类 8 种,糠虾类 6 种,端足类 6 种,头足类 4 种,磷虾类 3 种,腹足类 3 种,口足类 2 种,多毛类 2 种,涟虫类 2 种,桡足类、箭虫类和歪尾类各 1 种以及浮游幼虫 5 种。长尾类、鱼类和磷虾类出现频率分别为 92.19%、30.08%和 21.49%,个数百分比分别为 20.37%、4.55%和 62.56%,质量百分比分别为 51.01%、35.13%和 2.08%,相对重要性指标(IRI)分别为 563.09、170.59 和 1 308.55。其中,出现频率最高的是太平洋磷虾,占 20.31%;个数百分比最高的是太平洋磷虾,占 62.34%;质量百分比最高的是细巧仿对虾,占 13.60%;相对重要性指标(IRI)最高的是太平洋磷虾,为 1 308.17,其次为细巧仿对虾(IRI=141.53)、脊腹褐虾(IRI=124.17)、细螯虾(IRI=93.42)、不可辨认虾(IRI=88.31)等。

2.2 摄食强度和食物组成的体长变化

不同体长组小眼绿鳍鱼的摄食强度存在差异。经检验发现,小眼绿鳍鱼的平均胃饱满指数随体长增加变化显著($P < 0.05$),平均胃饱满指数在体长最小的组(100 mm)最高(27.27‰),其次为 201~205 mm 体长组(22.33‰)、>250 mm 体长组(18.65‰)和 151~200 mm 体长组(15.57‰),101~50 mm 体长组最低(13.06‰)。空胃率的变化与胃饱满指数的变化不同,在 151~200 mm 体长组空胃率最高(22.09%),在 100 mm 体长组最低(3.92%),卡方检验表明,小眼绿鳍鱼不同体长组的空胃率显著差异($P < 0.05$) (图 1)。

小眼绿鳍鱼的食物组成随体长的变化有明显差异。根据质量百分比,体长较小(<200 mm)的小眼绿鳍鱼主要以长尾类为食,同时还摄食少量糠虾类和磷虾类(表 2)。随着体长的增大,食物中鱼类的比例逐渐增加,尤其当体长大于 200 mm 后,

表 1 东海小眼绿鳍鱼的食物成分组成
 Tab.1 Diet compositions of *Chelidonichthys spinosus* in the East China Sea region

胃含物 stomach content	出现频率/%	个数比例/%	质量比例/%	相对重要性指标 IRI
	occurrence frequency	numerical percentage	weight percentage	
多毛类 Polychaeta	0.78	0.22	0.03	0.10
凯氏浮蚕 <i>Tomopteris</i> sp.	0.39	0.18	0.02	0.08
不可辨认多毛类 unidentified Polychaeta	0.39	0.04	+	0.02
腹足类 Gastropoda	1.17	0.11	0.25	0.14
金刚螺 <i>Sydaphera spengleriana</i>	0.39	0.04	0.25	0.11
笋螺 <i>Terebridaegen</i> sp .	0.39	0.04	+	0.02
不可辨认螺 unidentified Gastropoda	0.39	0.04	+	0.02
头足类 Cephalopoda	8.20	1.36	3.41	12.49
莱氏拟乌贼 <i>Sepioteuthis lessoniana</i>	0.39	0.04	1.04	0.42
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	4.69	0.95	1.20	10.08
耳乌贼 <i>Sepiolidaegen</i> sp .	0.39	0.11	0.46	0.22
不可辨认头足类 unidentified Cephalopoda	2.73	0.25	0.71	1.77
桡足类 Copepoda	0.39	0.07	0.00	0.03
普通波水蚤 <i>Undinula vulgaris</i>	0.39	0.07	+	0.03
糠虾类 Mysidacea	10.93	5.49	2.68	31.85
疣背糠虾 <i>Lophogaster</i> sp.	0.78	0.29	1.05	1.05
漂浮小井伊糠虾 <i>Iiella pelagicus</i>	6.25	4.36	0.13	28.06
台湾小井伊糠虾 <i>Iiella formosaensis</i>	0.39	0.18	1.27	0.57
小红糠虾 <i>Erythrois minuta</i>	0.39	0.07	+	0.03
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	0.39	0.04	+	0.02
不可辨认糠虾 unidentified Mysidacea	2.73	0.55	0.24	2.16
涟虫类 Cumacea	1.95	0.18	0.15	0.30
三叶针尾涟虫 <i>Diastylis tricineta</i>	1.17	0.11	+	0.13
不可辨认涟虫 unidentified cumacea	0.78	0.07	0.14	0.16
端足类 Amphipoda	6.25	0.73	0.08	0.90
短小拟钩虾 <i>Gammaropsis nitida</i>	0.39	0.04	+	0.02
滩拟猛钩虾 <i>Harpiniopsis vadicolus</i>	0.39	0.04	+	0.02
蚤钩虾 <i>Pontocrates</i> sp.	1.56	0.26	+	0.41
不可辨认钩虾 unidentified Gammaridea	1.17	0.11	0.07	0.09
细长脚蚨 <i>Themisto gracilipes</i>	1.95	0.22	+	0.30
不可辨认蚨 unidentified Hyperidea	0.78	0.07	+	0.05
磷虾类 Euphausiacea	21.49	62.56	2.08	1308.55
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	0.39	0.07	+	0.03
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	20.31	62.34	2.07	1308.17
不可辨认磷虾 unidentified Euphausiacea	0.78	0.15	0.01	0.12
长尾类 Natantia	92.19	20.37	51.01	563.09
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	1.56	0.22	1.26	2.31
凹管鞭虾 <i>Solenocera koelbeli</i>	0.39	0.04	0.52	0.22
管鞭虾 <i>Solenocera</i> sp.	1.56	0.26	1.82	3.24
须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	0.78	0.11	0.54	0.51
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	8.59	1.83	3.61	46.73
赤虾 <i>Metapenaeopsis</i> sp.	0.39	0.07	0.06	0.05

续表 1

胃含物 stomach content	出现频率/%	个数比例/%	质量比例/%	IRI
	occurrence frequency	numerical percentage	weight percentage	
刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensis</i>	0.78	0.07	0.51	0.45
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	0.39	0.07	0.36	0.17
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.39	0.04	0.11	0.06
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	8.2	3.66	13.60	141.53
假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroides</i>	0.39	0.15	0.57	0.28
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>	0.78	0.18	0.16	0.24
明对虾 <i>Fenneropenaeus</i> sp.	4.3	0.73	3.71	19.09
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	1.95	0.26	1.40	3.24
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	1.56	0.22	0.18	0.62
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	19.92	3.96	0.73	93.42
尖尾细螯虾 <i>Leptochela aculeocaudata</i>	5.08	1.58	0.26	9.35
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	5.86	1.32	1.96	19.22
锯齿长臂虾 <i>Palaemon serrifer</i>	0.39	0.04	0.21	0.10
长臂虾 <i>Palaemon</i> sp.	0.39	0.04	0.03	0.03
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	3.13	0.51	2.21	8.51
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	1.17	0.11	0.17	0.33
水母虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>	0.78	0.07	0.02	0.07
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	10.55	2.60	9.17	124.17
褐虾 <i>Crangon crangon</i>	0.39	0.04	0.12	0.06
雕褐虾 <i>Sclerocrangon</i> sp.	1.17	0.44	0.08	0.61
拉氏爱情虾 <i>Aegeon lacazei</i>	0.39	0.04	0.03	0.03
不可辨认虾 unidentified shrimps	10.55	1.69	7.58	88.31
歪尾类 Anomura	1.17	0.26	0.61	1.01
日本刺铠虾 <i>Munida japonica</i>	1.17	0.26	0.61	1.02
短尾类 Brachyura	13.28	1.91	3.52	17.19
银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	5.47	0.84	1.08	10.50
日本螯 <i>Charybdis japonica</i>	1.56	0.22	0.77	1.54
双斑螯 <i>Charybdis bimaculata</i>	2.34	0.40	1.58	4.63
螯 <i>Charybdis</i> sp.	1.17	0.15	0.02	0.20
泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestita</i>	0.78	0.07	0.01	0.06
绵蟹 <i>Dromia dehaani</i>	0.39	0.04	0.05	0.04
单齿玉蟹 <i>Leucosia unidentata</i>	0.39	0.04	+	0.02
不可辨认蟹 unidentified Brachyura	1.17	0.15	0.02	0.20
口足类 Stomatopoda	9.38	1.32	1.04	20.84
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	8.98	1.28	1.04	20.83
不可辨认虾蛄 unidentified Stomatopoda	0.39	0.04	0.01	0.02
箭虫类 Sagitta	0.39	0.04	0.00	0.02
箭虫 <i>Sagitta</i> sp.	0.39	0.04	+	0.02
鱼类 Pisces	30.08	4.55	35.13	170.59
鳀 <i>Engraulis japoninus</i>	0.39	0.04	0.07	0.04
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0.39	0.04	0.13	0.07
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	3.13	0.99	1.84	8.86
麦氏犀鲱 <i>Bregmaceros macclellandi</i>	1.17	0.11	0.34	0.53

续表 1

胃含物 stomach content	出现频率%	个数比例/%	质量比例/%	IRI
	occurrence frequency	numerical percentage	weight percentage	
细条天竺鲷 <i>Apogonichthys lineatus</i>	1.17	0.18	0.76	1.10
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	1.56	0.15	1.29	2.25
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	1.56	0.15	0.61	1.19
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	0.39	0.04	0.51	0.21
尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	0.78	0.07	0.67	0.58
鳕齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>	2.34	0.29	1.64	4.52
鲷属 <i>Callionymus</i> sp.	0.39	0.04	0.42	0.18
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	0.39	0.04	0.12	0.06
小眼绿鳍鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	0.78	0.37	0.70	0.83
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	0.78	0.11	0.23	0.27
六丝矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	4.3	0.59	6.18	29.11
褐菖鲈 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	0.78	0.15	0.06	0.16
单指虎鲈 <i>Minous monodactylus</i>	0.39	0.04	0.20	0.09
蜂鲈 <i>Vespicula</i> sp.	1.17	0.11	0.89	1.17
紫斑舌鲷 <i>Cynoglossus purpureom aculatus</i>	0.39	0.04	1.61	0.64
舌鲷 <i>Cynoglossus</i> sp.	0.78	0.07	1.05	0.87
不可辨认鱼 unidentified fishes	7.03	0.95	15.82	117.89
浮游幼虫 planktonic larva	5.07	0.84	0.02	1.09
长尾类糠虾幼体 <i>Macrura mysis</i> larva	0.78	0.07	+	0.05
蟹蚤状幼体 <i>Brachyura zoea</i> larva	0.78	0.15	+	0.12
蟹大眼幼体 <i>Brachyura megalopa</i> larva	2.34	0.40	0.01	0.83
阿利玛幼体 <i>Squillidae alima</i> larva	0.39	0.07	+	0.03
卵 egg	0.39	0.15	+	0.06

注: “+”表示出现但数量少.

Note : + indicates appearance but seldom.

鱼类的比例超过长尾类成为最重要的饵料类群。根据数量百分比(表 2), 食物中鱼类和磷虾类的比例随着体长的增加而增大, 而糠虾类的数量百分比则随着体长的增加而减小。“其他”饵料类群和长尾类的数量百分比则随着体长的增大先增大而后减少。另外, 由图 2 可以看出, 随着体长的增大, 小眼绿鳍鱼胃中平均单个饵料质量也逐渐增大。

聚类分析表明, 体长在 39~432 mm 范围内的小眼绿鳍鱼的 5 个体长组可分为 2 组(图 3), 其中 1 组体长小于 100 mm, 另 1 组体长大于 100 mm。从饵料种类来看, 体长小于 100 mm 的小眼绿鳍鱼主要以漂浮小井伊糠虾(*Iiella pelagicus*)和细螯虾(*Leptochela gracilis*)为食, 而体长大于 100 mm 的小眼绿鳍鱼则主要摄食太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)、细巧仿对虾(*Parapenaeopsis tenella*)、脊腹褐虾(*Crangon affinis*)、六丝矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys hexanema*)和口虾姑(*Oratosquilla oratoria*)。此外聚类分析还表明体长在 101~427 mm

范围的 4 个体长组也分为 2 组。101~200 mm 的 2 个体长组为 1 组, 主要摄食细巧仿对虾、脊腹褐虾、太平洋磷虾和口虾姑; 201~432 mm 的 2 个体长组为 1 组, 主要摄食太平洋磷虾、六丝矛尾虾虎鱼、脊腹褐虾和戴氏赤虾。

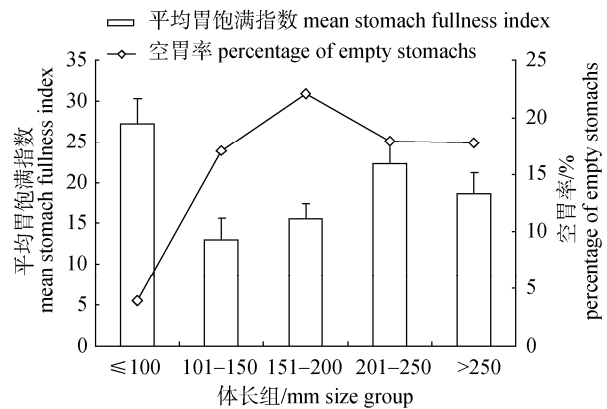


图 1 小眼绿鳍鱼各个体长组的平均胃饱满指数和空胃率($\bar{x} \pm SE$)

Fig.1 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs for each size group of *Chelidonicichthys spinosus* ($\bar{x} \pm SE$)

表 2 小眼绿鳍鱼主要饵料类群质量百分比(W)和尾数百分比(N)随体长的变化

Tab. 2 Weight percentage (W) and numerical percentage (N) for major prey groups in diets of each size group of *Chelidonichthys spinosus*

体长组/mm size group	项目 item	长尾类 natantia	糠虾类 mysidacea	磷虾类 euphausiacea	鱼类 pisces	其他 other	%
100	W	97.03	2.69	+	-	0.28	
	N	24.10	68.72	+	-	7.18	
101-150	W	83.30	5.43	0.08	7.42	3.77	
	N	77.29	2.56	5.13	0.74	14.28	
151-200	W	57.11	2.03	1.00	27.63	12.23	
	N	37.06	0.43	37.93	7.74	16.84	
201-250	W	39.09	4.04	3.94	40.35	12.58	
	N	9.53	0.79	80.40	3.19	6.09	
>251	W	28.99	+	2.70	57.84	10.47	
	N	11.37	+	77.69	7.06	3.88	

注: '+' 表示很少; '-' 表示无。

Note: '+' indicates seldom; '-' indicates none.

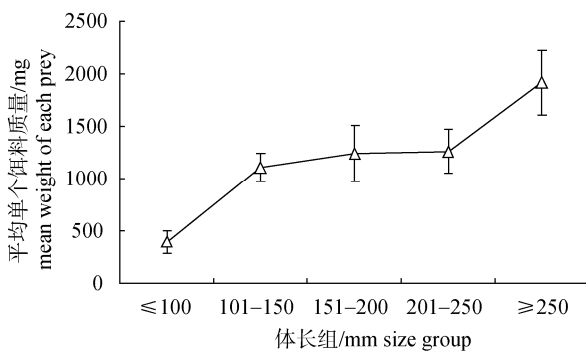


图 2 小眼绿鳍鱼各个体长组胃中平均单个饵料质量 ($\bar{x} \pm SE$)

Fig.2 Mean weight of each prey in the stomach of each size group of *Chelidonichthys spinosus* ($\bar{x} \pm SE$)

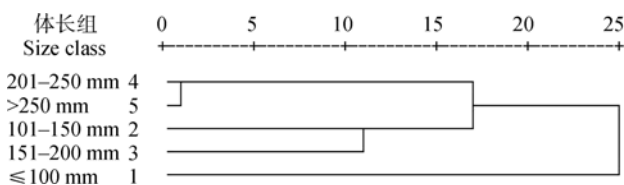


图 3 小眼绿鳍鱼各体长组食物组成的聚类分析图

Fig.3 Dendrogram of cluster analysis for dietary composition of *Chelidonichthys spinosus* in each size class

3 讨论

3.1 食物组成

研究表明, 东海中北部的小眼绿鳍鱼的食谱很广, 食物种类有磷虾类、长尾类、鱼类、糠虾类和口足类等, 共 15 类。其中, 磷虾类、长尾类

和鱼类是其最主要的饵料类群, 优势饵料是太平洋磷虾、细巧仿对虾、脊腹褐虾和六丝矛尾虾虎鱼。相关研究资料表明, 太平洋磷虾终年分布在东海北部、黄海和渤海中部, 经常聚集在吕泗渔场、长江口渔场及其附近水域^[12]。丰水期, 磷虾类在长江口及舟山渔场北部有较高的分布, 枯水期在长江口及舟山渔场分布较低, 且略向东南偏移^[13]。细巧仿对虾在东海近海 20~60 m 水深混合区都有分布, 春夏季进入沿岸浅海产卵, 秋冬季分布在较深海域索饵成长^[14]。脊腹褐虾分布于舟山群岛以北的东海北部及黄海海域, 在 30°30'N 以北的东海北部海域, 冬春季数量较多^[14]。六丝矛尾虾虎鱼在中国沿海均有分布, 黄海南部及东海外海较为常见^[15]。而这些种类目前在东海区数量均较大, 根据有关资源量评估, 东海细巧仿对虾的年资源量为 0.35×10^4 t, 脊腹褐虾为 0.87×10^4 t, 六丝矛尾虾虎鱼的年资源量为 0.07×10^4 t, 磷虾的总丰度为 287.05 个/ m^3 ^[16], 这为小眼绿鳍鱼的种群繁衍及资源稳定增长提供了可靠的保障。

此外小眼绿鳍鱼的食物组成还因海区的不同而异。渤海的小眼绿鳍鱼主要以脊腹褐虾、鹰爪虾、口虾姑、细螯虾和六丝矛尾虾虎鱼为食^[17], 而东海中北部的小眼绿鳍鱼则主要以太平洋磷虾、细巧仿对虾、脊腹褐虾和六丝矛尾虾虎鱼为

食。这种食物组成的地区差异,也反映出不同海区饵料生物组成的差异。

3.2 摄食与体长变化

本研究经统计检验发现,小眼绿鳍鱼的摄食强度随体长变化呈显著性变化。这可能与小眼绿鳍鱼自身的生理结构的逐步完善有关,但关于其中变化的确切原因,还需作进一步的研究。

从食物组成来看,各个体长组的小眼绿鳍鱼主要摄食食物类群虽然各不相同,但主要以长尾类、糠虾类、磷虾类和鱼类为主。同时,随着体长的增加,大型饵料(特别是鱼类)在食物中所占的比例逐渐上升,而小型饵料(部分长尾类、磷虾类和糠虾类)的比例则逐渐下降。同时随着体长的增加,小眼绿鳍鱼摄食饵料的个体也增大。这是因为随着鱼类的生长发育,其口器日趋完善,捕食能力也逐渐增强。小眼绿鳍鱼的摄食习性随发育的变化渐增强,必然会发生对饵料种类和大小要求的变化^[18]。这一现象符合“最佳摄食理论”,即捕食者总是尽可能地捕食个体较大的饵料,因为捕食大个体的饵料所获得的收益(补充的能量)要大于支出(捕食所消耗的能量),从而可以最大限度地获得能量^[19]。

鱼类摄食随体长变化是一个普遍的现象,已在不同鱼种中发现这种变化特征^[20-25]。本研究发 现体长在 39~432 mm 范围内的小眼绿鳍鱼摄食习性发生明显转变。从质量百分比来看,摄食的食物种类随体长的增加而增加,体长小于 100 mm 的小眼绿鳍鱼主要摄食长尾类,属狭食性。体长超过 100 mm 以后,摄食习性开始发生转变,食性由单纯以长尾类为主转变为以长尾类和鱼类为主,此时长尾类仍占主要优势,当体长大于 200 mm 时,食物中鱼类开始占主要优势,但摄食种类已由小于 100 mm 时的 37 种扩展到 64 种,逐渐向广食性转变。同样聚类分析结果也证实了这一点。小眼绿鳍鱼这种随体长增加,食性类型发生转变的现象,实际上同样是随体长增加,摄食的食物种类扩大的结果。对于扩大种群的饵料基础,满足不同发育阶段鱼类的饵料需求以及缓和它们对有限饵料资源的竞争都是十分有利的^[26-28]。

致谢:胃含物分析得到了金海卫高级工程师的指导,浙江省海洋水产研究所资源室的所有同志协助完成样品收集、数据录入等工作,在此特表谢忱!

参考文献:

- [1] 王迎春,周勤,段晓英. 八种海产硬骨鱼类消化系统的比较解剖研究[J]. 海洋湖沼通报, 1997 (3): 46-51.
- [2] 张晓霞,叶振江,王英俊,等. 青岛海域小眼小眼绿鳍鱼耳石形态的初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(4): 622-626.
- [3] 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[M]// 海洋渔业资源论文选集, 1962: 45-57.
- [4] Hyslop E J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application[J]. J Fish Biol, 1980, 17: 411-429.
- [5] Letourneur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans*(Lacepède) on a Réunion fringing reef [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1997, 217: 1-18.
- [6] 张力. SPSS 在生物统计中的应用[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2008.
- [7] 左涛,王克,王荣,等. 春季南黄海浮游动物群落的多元统计分析[J]. 水产学报, 2003, 27 (增刊): 108-114.
- [8] 郭沛涌,沈焕庭,刘阿成,等. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 892-900.
- [9] Green H W, Jaksic F M. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification[J]. Oikos, 1983, 40: 151-154.
- [10] Schafer L N, Platell M E, Valesinni F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278: 67-92.
- [11] Zar J H. Biostatistical analysis[M]. 2ed. New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- [12] 林龙山. 长江口近海小黄鱼食性及营养级分析[J]. 海洋渔业, 2007, 29 (1): 44-49.
- [13] 陈佳杰,徐兆礼,朱德第. 长江口及邻近海域浮游磷虾类数量和分布的季节特征[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5279-5285.
- [14] 宋海棠,俞存根,薛利建,等. 东海经济虾蟹类[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [15] 赵盛龙,钟俊生. 舟山海域鱼类原色图鉴[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2006.

- [16] 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科技出版社, 2003.
- [17] 杨纪明. 渤海鱼类的食性和营养级研究[J]. 现代渔业信息, 2001, 16(10): 10–19.
- [18] Wootton R J. Ecology of teleost fishes [M]. London: Chapman & Hall, 1990.
- [19] Gerking S D. Feeding ecology of fish [M]. San Diego: Academic Press, 1994.
- [20] Labropoulou M, Machias A, Tsimenides N, et al. Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758[J]. Fish Res, 1997, 31: 257–267.
- [21] Morato T, Serrao S R, Pedro A J. Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber *Serranus atricauda* (Pisces:Serranidae), from the Azores, north-eastern Atlantic[J]. Fish Res, 2000, 49: 51–59.
- [22] Schafer L N, Platell M E, Valesini F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2002, 278: 67–92.
- [23] 张波. 东、黄海带鱼的摄食习性及其随发育的变化[J]. 海洋水产研究, 2004, 25: 6–12.
- [24] 薛莹, 金显仕, 张波, 等. 南黄海三种石首鱼类的食性[J]. 水产学报, 2005, 29: 178–187.
- [25] 张波. 黄海中部高眼鲷的摄食及随体长的变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18: 1849–1854.
- [26] Brooks J L, Dodson S I. Predation, body size, and competition of plankton[J]. Science, 1965, 150: 28–35.
- [27] Grossman G D. Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the bay goby (Pisces:Gobiidae) [J]. Oecologia, 1980, 47: 233–238.
- [28] Langton R W. Diet overlap between Atlanticcod, *Gadus morhua*, silverhake *Merluccius bilinearis* and fifteen other north west Atlantic finfish[J]. Fish Bull, 1982, 80: 745–759.

Diet composition and feeding habits variation with body length of *Chelidonichthys spinosus* in central and northern East China Sea

LI Zhenhua, XU Kaida, JIANG Rijin, ZHOU Yongdong, PAN Guoliang
Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China

Abstract: *Chelidonichthys spinosus* is an important benthic fish species which distributes from the Bohai Sea to the South China Sea. From May 2008 to February 2009, total of 382 *C. spinosus* samples with body length of 39–427 mm were collected from Zhoushan fishing ground, Zhouwai fishing ground, Jiangwai fishing ground and Yushan fishing ground, all of which are located in central and northern East China Sea. Based on stomach contents analysis, diet composition and ontogenetic variation in feeding of *C. spinosus* in central and northern East China Sea were investigated by applying cluster analysis, one-way ANOVA and chi-squared test. More than 93 species of prey were ingested by *C. spinosus*. Natantia, Euphausiacea and Pisces were the most important prey groups, accounting for 92.19%, 30.08% and 21.49% of the occurrence frequency; 20.37%, 4.55% and 62.56% with the number percentage, 51.01%, 35.13% and 2.08% with the weight percentage and 563.09, 170.59 and 1 308.55 with the index of relative importance (IRI) of the total food, respectively. At species level, the dominant preys were *Euphausia pacifica*, *Parapenaeopsis tenella*, *Crangon affinis* and *Chaeturichthys hexanema*. *E. pacifica* showed the most occurrence frequency, accounting for 20.31%; *E. pacifica* was the largest in number, accounting for 62.34%; *P. tenella* had the highest weight percentage, accounting for 13.60%. The highest percentage of IRI of total food was presented in *E. pacifica*(1 308.17), followed by *P. tenella*(IRI=141.53), *C. affinis* (IRI=124.17) and *C. hexanema* (IRI=29.11). The feeding intensity, as indicated by percentage of empty stomachs (PES) and mean stomach fullness index(MSFI), varied significantly among different size classes, while the diet composition of major prey groups also varied significantly. The weight of prey fish increased significantly with fish size increasing. For fish shorter than 200 mm, the dietary breadth positively correlated with body length, while for fish longer than 200 mm,

it showed negatively correlation with body length. However, mean weight of each prey increased with fish size increasing. This phenomenon is consistent with the “optimum foraging theory”. Cluster analysis revealed two major groups of body length in 39–427mm range: one group consisted of specimens shorter than 100 mm, the other group longer than 100 mm. Furthermore, the groups whose body length was more than 100 mm also clustered into two major groups: one of which was less than 200 mm in body length, and the other was more than 200 mm. As far as the species level was concerned, *C. spinosus* with body length less than 100 mm mainly take *Iiella pelagicus* and *Leptocheila gracilis* for food, the other longer than 100 mm mainly take *E. pacifica*, *P. tenella*, *C. affinis*, *C. hexanema* and *Oratosquilla oratoria* for food. The proportion of fish in the diet composition significantly increased with body length increasing. It can be concluded that the feeding habits variation of *C. affinis* is closely related with its body length. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011,18(1):185–193]

Key words: *Chelidonicichthys spinosus*; central and northern East China Sea; diet composition; feeding intensity; ontogenetic variation

Corresponding author: ZHOU Yongdong. E-mail: zyd511@126.com

2011 年部分生物、农林类学术期刊联合征订表 (续)

刊物名称	邮发代号	刊 期	年价(元)	期刊网址	编辑部 E-mail
生物工程学报	82-13	月 刊	780	http://journals.im.ac.cn/cjbncn	cjb@im.ac.cn
生物化学与生物物理进展	2-816	月 刊	720	www.pibb.ac.cn	prog@sun5.ibp.ac.cn
生物技术通报	18-92	月 刊	300		biotech@mail.caas.net.cn
生物技术通讯	82-196	双月刊	150	http://swtx.chinajournal.net.cn	swtx@263.net
微生物学报	2-504	月 刊	660	http://journals.im.ac.cn/actamicrocn/	actamicro@im.ac.cn
微生物学通报	2-817	月 刊	576	http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn	tongbao@im.ac.cn
武汉植物学研究	38-103	双月刊	180	http://whzwxj.cn	editor@rose.whiob.ac.cn
畜牧兽医学报	82-453	月 刊	360	www.xmsyxb.com	xmsyxb@263.net
遗传	2-810	月 刊	600	www.chinagene.cn	yczz@genetics.ac.cn
遗传学报	2-819	月 刊	600	www.jgenetgenomics.org	jgg@genetics.ac.cn
云南植物研究	64-11	双月刊	150	http://journal.kib.ac.cn	bianji@mail.kib.ac.cn
植物遗传资源学报	82-643	双月刊	120	www.zwyczy.cn	zwyczyxb2003@163.com
植物学报	2-967	双月刊	480	www.chinbullbotany.com	cbb@ibcas.ac.cn
中国实验动物学报	2-748	双月刊	120	www.calas.org.cn	A67761337@126.com
中国生态农业学报	82-973	双月刊	210	www.ecoagri.ac.cn	editor@sjziam.ac.cn
中国生物工程杂志	82-673	月 刊	960	www.biotech.ac.cn	biotech@mail.las.ac.cn
中国水产科学	18-250	双月刊	180	www.fishscichina.com	zgsckx@cafs.ac.cn
中国水稻科学	32-94	双月刊	120	www.ricesci.cn	cjrs@263.net
作物学报	82-336	月 刊	600	www.chinacrops.org/zwxb	xbzw@chinajournal.net.cn

(上接 144 页)